

論 文
-----

# 栄養情報処理教育のための統計ツールのVBAによる実装 I ー多重比較Peritz法の実装などー

## A Development of Software Tool of Statistics for the Education of Nutritional Informatics for Dietitians by VBA Part I : A Development of Software for Peritz's Multiple Comparison Test and so on

堀 田 裕 史

HORITA Hiroshi

## 1. 栄養情報処理教育

## 1.1. 他大学の栄養情報処理教育

## 1.1.1. 西南女学院大学

西南女学院大学保健福祉学部栄養学科では、栄養士・管理栄養士は各種の保健医療・栄養に関する統計情報を正しく読みとり実践活動に活用し自らも成果を生み出し情報を発信する責任があるので、データ収集・整理し、有用な情報を取り出すデータ処理の方法論の教育が必要であるとしている。そして、管理栄養士を養成する栄養学科の情報処理科目で行う統計リテラシー教育を試みている。次の表に教育内容を示す<sup>1)</sup>。

表 1 西南女学院大学保健福祉学部栄養学科における情報処理教育

	前 期	後 期	内 容 等
1 年	コンピュータ演習（基礎） 必修 90 分 x 24 回	コンピュータ演習（応用） 選択 90 分 x 12 回	Word・Excel・インターネットなど
2 年	健康情報処理論（講義） 必修 90 分 x 12 回	健康情報処理実習 必修 135 分 x 12 回	統計・プレゼンテーション・データベース
4 年		コンピュータとマルチメディア 選択 90 分 x 12 回	栄養教諭教職用マルチメディア教材の作成など

このうち統計関係は、教科書は水上茂樹編「栄養情報処理論」<sup>2)</sup>の統計部分（5～8章：pp64-121）を使用し、2年前期講義12回、2年後期実習8回行っている。

## 1.1.2. 徳島大学医学部栄養学科

他の栄養情報処理教育として、徳島大学医学部栄養学科の例では、講義・演習を含む15回の授業のうち、演習部分ではWord／Excel／インターネットを演習とし、講義部分

---

ほりた ひろし（食物栄養学科）

では10回にわたり統計を教えている<sup>3)</sup>。ただし詳細はわからない。

## 1.2. 栄養士へのアンケート例

栄養士・管理栄養士へのアンケートから明らかにされた栄養士が習得したい情報処理技術が、表2に示してある<sup>4)</sup>。画像処理が上位に現われているが、これは別の設問で栄養士の現場に導入したいものでデジタル写真機が上位を占めていたため、それに関係したトリミング、ガンマ補正、リサンプリング等の静止画像処理のことだと思われる<sup>4) 5)</sup>。画像処理を除けば、プレゼンテーション<sup>6)</sup>、栄養指導、統計処理、給食管理、メール、帳票類作成、表計算といったあたりと思われる。

栄養士の職場ごとに習得したい情報処理技術が異なっており、一概には言えないが、プレゼンテーション技術への期待が高いようである。

表2 栄養士が習得したいと思う情報処理技術

	全 体 (n = 130)	病 院 (n = 51)	福祉施設 (n = 26)	小・中学校 (n = 28)	保 育 園 (n = 12)	役 場 (n = 13)
1	画像処理 (39%)	プレゼンテーション (47%)	画像処理 (38%)	画像処理 (43%)	給食管理 (58%)	統計処理 (54%)
2	プレゼンテーション (35%)	統計処理 (43%)	メール、給食管理、栄養指導 (23%)	栄養指導 (39%)	帳票類作成 (33%)	画像処理 (46%)
3	栄養指導 (31%)	画像処理 (41%)		プレゼンテーション (36%)	表計算、栄養指導 (25%)	プレゼンテーション (38%)

## 1.3. 本学の栄養情報処理教育

本学における栄養情報処理教育は、本学食物栄養学科と専攻科食物栄養専攻で実施しており、以下のものがある。

### 1.3.1. 情報リテラシー教育

食物栄養学科で、実施している。通年90分×30回である。前期15回はWord 2003、後期15回はExcel 2003である。内容的には、Wordは日本商工会議所P C検定文書作成の2級の範囲をほぼカバーし、Excelは日本商工会議所P C検定データ活用の2級の範囲をほぼカバーしている<sup>7) 8)</sup>。また、Excelではデータベース機能を使い、栄養計算を表計算ソフトではどのように実現するかも学ぶ。そのためには、時にExcelで2000行に及ぶ範囲からのデータ検索も必要となる。

長所としては、情報リテラシーというよりは情報武装化された実務の世界での実践力養成を目指しているため、短期間にWord/Excelの比較的細かい点まで学ぶことである。短所はその裏返しであるが、詰め込み教育化しており学生にとって未消化になる部分が

あることである。授業アンケートからは、近年学生の不満の増加傾向が窺える。

### 1.3.2. 栄養計算

栄養計算は、食物栄養学科の献立作成、給食管理、給食実習、栄養指導をはじめとする多数の授業科目で、食事メニューの栄養計算として実施している。また、専攻科食物栄養専攻では、特別研究で各種の献立を調査して栄養評価を実施するさいに、栄養計算を行っている。

学生は、コンピュータ室に装備された栄養計算専用ソフトを使用し、繰り返し栄養計算することで、栄養士にとって不可欠の栄養チェック、栄養バランス吟味への対応能力を養っている。以下に、コンピュータ室をよく利用する科目を掲げる。

(1) 毎週のようにコンピュータ室を使用するか、かなり頻繁に使用する科目

献立作成論 (1年後期)                      給食管理Ⅱ (2年前期)  
卒業研究 (2年後期)

(2) (1)ほどではないが、わりと頻繁にコンピュータ室を利用する科目

調理学Ⅰ (1年前期)                      給食管理Ⅰ (1年後期)  
学校栄養指導論 (1年後期)              食品衛生学Ⅱ (2年前期)  
臨床栄養学Ⅱ (2年前期)              栄養指導論Ⅱ (2年前期)  
栄養教育実習指導 (2年前期)          調理学Ⅱ (2年後期)  
臨床栄養特論Ⅲ (専攻科：1年後期)   給食管理特論 (専攻科：2年後期)  
栄養学特論Ⅳ (専攻科：2年後期)

ただし、卒論は毎週いずれかの研究室が使うが、個々の研究室が毎週というわけではないと思われる。

このように多くの科目で栄養計算が行われているが、筆者は現在まで栄養計算を専門としておらず、そのような科目も担当していないため、詳細はわからない。

### 1.3.3. 情報処理特論

専攻科食物栄養専攻で実施している。前期90分×15回である。最初2回はOSとアプリのインストールや設定、つまり学生の使用するノートパソコンのセッティングを行っている。残りの実質13回は、Excelによる統計処理に充当している。教科書は水上茂樹編「栄養情報処理論」の統計部分(5～8章：pp.64-121)を使用している。

- (1) ヒストグラム、一様分布乱数発生法
- (2) 正規分布、正規乱数発生法、区間推定、NormDist等Excel関連関数使用法<sup>9)</sup>
- (3) 仮説検定、検定統計量、採択、棄却、優意水準
- (4) t分布、Paired t-Test、t検定、Welchの検定、TDist等Excel関連関数群使用法、分析ツール使用法
- (5) (対応のない)一元分散分析、繰返しのない二元分散分析、繰返しのある二元分散分析、分析ツール使用法
- (6) F分布、等分散比の検定、FDist等Excel関連関数群の使用法、分析ツール使用法

(7) カイ自乗検定、適合度検定、独立性の検定、Yatesの連続補正

(8) 単回帰、重回帰、(偏)回帰係数、(重)決定係数、Slope等Excel関連関数群使用法  
西南女学院大学保健福祉学部栄養学科は、これと同等の内容を、2年前期講義12回、2年後期実習8回で実施しているとされる。90分換算で24回であり、本学科の90分13回に比べ、おおよそ倍の時間をかけている。

#### 1.4. 本学の栄養情報処理教育の課題

##### 1.4.1. 情報リテラシー教育の課題

本学食物栄養学科の情報リテラシー教育の長所は、Word、Excelとも実践的であるということである。要するにビジネス社会で求められるレベルに近い設定となっている。短所は、Word・Excelの主要機能を網羅的に使うため、Word・Excelを本格的に使用しない人からは高度な内容である。例えばWordでは、マニュアル編集者に必要な機能であるセクション区切り、ヘッダー／フッター編集、アウトライン番号付加、目次自動抽出などを含むが、それを授業時間内の短時間で消化しようとするため、学生に理解不足をきたすことである。このことは承知の上で授業を行っているが、年度により弊害が大きくなることもある。

これへの対応は、教育内容の削減か、または授業時間数の増加が考えられる。学生の時間割は既に過密になっていることから、現実的な対応は教育内容の削減であろう。

##### 1.4.2. 栄養計算の課題

本学食物栄養学科の栄養計算の課題については、当該科目を筆者は現在まで担当しておらず、教育内容も把握していないため、言及することはできない。

##### 1.4.3. 情報処理特論の課題

本学専攻科食物栄養専攻の情報処理特論の課題は、以下のとおりである。

###### (1) 授業時間数の少なさへの対応

実質90分×13回の授業では、統計を基本的な事項を含めることで精一杯である。問題演習を行って統計分析方法の定着を図るという時間はない。これには授業方法の効率化か、授業時間の増加が必要である。

###### (2) 統計以外への対応不足

Web探索実習、卒論用文書作成法、プレゼンテーション実習、Excel Advanced Course、データベースソフト、静止画・動画加工、ホームページ作成、Windowsメンテナンス等が含まれていない。特にWordによる印刷レイアウトを整えた卒論用ドキュメント作成、PowerPointによるプレゼンテーション実習は行っておいたほうがよいと思う。これには、授業時間増加が必要である。

###### (3) 実際の統計処理の不足

統計分野に限定してみると実際の内容がもれている。t検定の対比較や分散分析を含むが、t検定は2群の比較であり、分散分析は群間（水準間）でどれかが違うことだけであって、3群以上の比較ではない。しかし実際に卒論で必要な

のは、3群以上のデータ間で全対比較をしての有意性検定である。よって、実用的な授業にするには、3群以上の比較、即ち多重比較を取り入れることが不可欠であると考えられる。

授業時間数の増加は時間割ないしカリキュラム上の問題も含んでいるが、多重比較を授業へ導入することは、教員個人で対処可能のことである。

## 2. 多重比較法の教育

これまで見てきたように、栄養情報処理教育の課題で授業時間数ないしカリキュラムと無関係に解決可能な課題は、実践的な統計処理である多重比較の導入である。これを授業に取込むこととする。

### 2.1. 本専攻科食物栄養専攻で取り入れるべき多重比較の実行環境

第1に、多重比較がなぜ必要かという理由付けの講義が必要である。その上で3群以上の比較での具体的対応の経験を得ることが必要である。

第2に、特別な統計ソフトは使用しないで、多重比較用ソフトを開発して使用する。特にExcel上のアドイン用ソフトとして開発すれば、コストは発生せずに、操作方法習得に要する授業時間は極わずかで、多重比較実行の経験を得るという目的が達成できる。

統計ソフト不採用の理由は、SPSSやSASは極めてコストが高いこと、「エクセル統計2008」は比較的成本は少ないが集合教育に使うにはやはりコストは多大になるので、有償ソフトの使用は不可能と考える。またRは無償であるが、半期程度の授業のために独特のシンタックスを使用するのは無理があると考え<sup>10) 11)</sup>。

多重比較にも様々な方法がある<sup>12) 13) 14) 15)</sup>。どの多重比較のソフトを開発するかを検討が必要となる。様々な多重比較法に関するコメントは別の機会に行う。ここでは、次の多重比較法を取りあげる。

#### 2.1.1. ペリ (Peritz) の方法

多重比較には、対照群と措置群の比較に使用されるダネット法<sup>16)</sup>やウィリアムズ法があるが、対照群を必要とするという意味では特殊である。対照群を必要としない一般の多重比較のなかでは、ペリの方法は、最も検出力がよいといわれる。ここでは、保守的でないことを検出力があるといっている。

検出力がよい多重比較法を授業で取り上げるのは有益と思われ、ペリの方法を実装することとする。

#### 2.1.2. ホルム (Holm) の方法・シェイファー (Shaffer) の方法

実践的な統計処理という観点では、栄養にかかわるデータを各学生がとって持ち寄るケースがよくみられる。対応のある一元配置 (Repeated Measurements One-Factor ANOVA) に相当するデータの取り方である。

この場合データに相関があることも考えられるため、ホルムの方法・シェイファーの方法による多重比較を授業で取り上げるのは有益と思われ、これも実装する。

### 3. ペリの方法の実装

以下ペリの方法の多重比較の実装について記述する。

#### 3.1. 操作方法

- (1) メニューバーから「多重比較(P)」選択後、「ペリ法(P)」を選択すると、ペリの方法のダイアログが表示される（図1参照）。

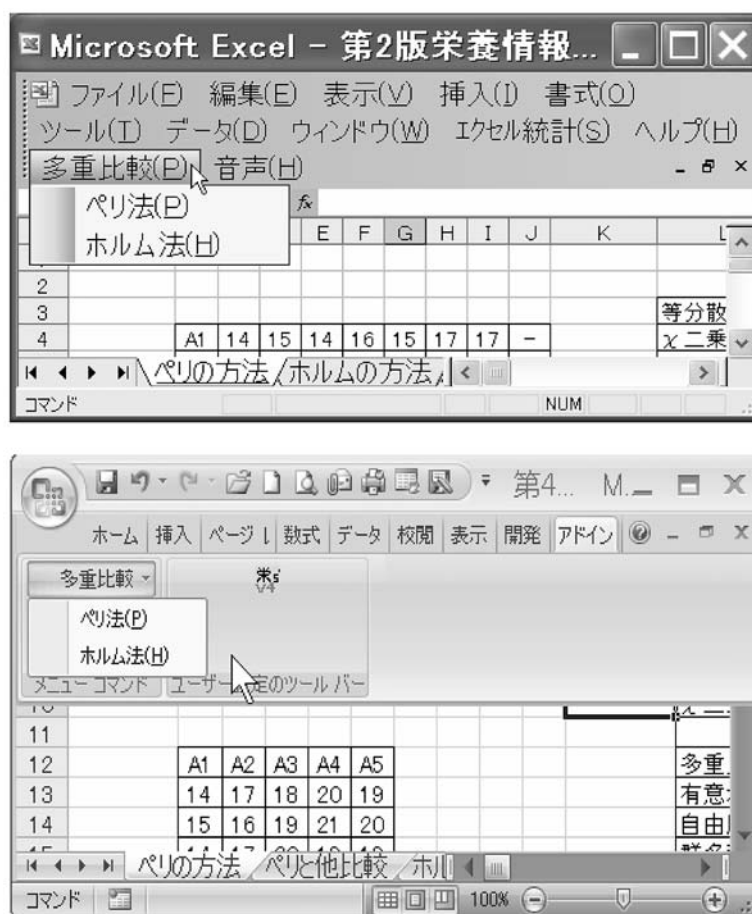


図1 「ペリの方法」又は「ホルムの方法」のメニュー  
上：Excel 2003 下：Excel 2007

- (2) ペリの方法のダイアログをセットして、「OK」ボタンを押す（図2参照）。

- ① 「データの範囲」は、Excelシート中のデータ範囲を設定する。データの数は、群毎に異なってよい。データ範囲内のグループ名を除いた領域で、右方向または下方向にデータを読んでゆき、数値以外のデータを見つけた時、その群(水準)のデータが尽きたとみなしている。

データの群数は、詳細表示の行数の制限により、Excel 2003では15（詳細表示約3.3万行）以内に制限している。Excel 2007では19（詳細表示約52.4万行）以内という制限であるが、レスポンスタイムからは事実上17が限度であろう。



- ② 「同一グループのデータの方向」は列方向か行方向かを選択する。
- ③ 「データ範囲にはグループ名を含む」は、「データ範囲」にデータ群に数値以外の名称（グループ名、群名）の文字データを含むときチェックを入れる。
- ④ 「1%と5%有意の結果のみ簡潔に表示」のチェックボックスを選択する。  
 チェックの有無で動作、即ち、優意水準の設定の仕方と結果の表示の仕方が異なるので注意を要する。  
 チェックボックスをチェックしない場合、その下の有意水準に、5%なら0.05、1%ならば0.01と数値を設定する。このとき結果は詳細表示される。  
 チェックボックスをチェックした場合、有意水準は自動的に5%と1%が設定されて計算され、結果は簡略表示される。このときユーザーが有意水準を設定することはできない。
- ⑤ 設定ができれば、「OK」ボタンを押下する。

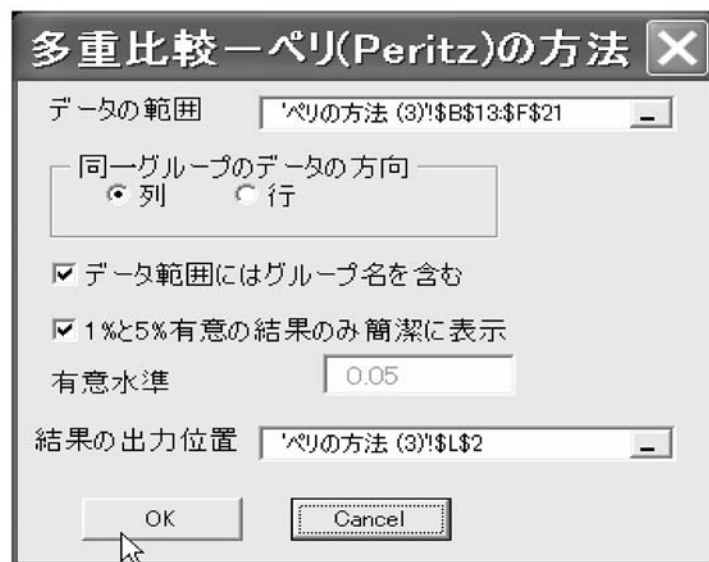


図2 「ペリの方法」のダイアログ

### 3.2. ペリの方法の詳細な結果表示

図3に詳細な結果の表示例を示す。

図3の上側は、ペリの方法を実行に使ったデータであり、文献11)より引用したものである。一番左の列は群の名称、右の列のハイフンは、データがないことを示している。

#### 3.2.1. バートレット (Bartlett) 検定結果出力部

最初2行に3群(水準)以上の等分散性の検定であるバートレット検定の結果が示してある。2行目のp値が0.05より小さい時、等分散の仮定を棄却する。この場合ペリの方法は使用できない。

### 3.2.2. データの概略出力部

データの群数（水準数）や、群ごとのデータ数、平均値、分散などを表示する。

（以下は、使用したデータ）

A1	14	15	14	16	15	17	17	-
A2	17	16	17	16	15	18	19	15
A3	18	19	20	19	17	17	-	-
A4	20	21	19	20	19	22	20	-
A5	19	20	19	17	17	17	18	-

（以下は、「ペリの方法」結果出力）

等分散性の検定――バートレット検定結果									
χ <sup>2</sup> 乗値	0.470863	自由度	4	p値(片側)	0.97627	x <sup>2</sup> 境界値(片側)5%	9.48773		
多重比較――ペリの方法									
有意水準	0.05	群数	5						
自由度	30	VE	1.554563						
群名称	群番号	群データ数	群合計	群平均	群分散				
A1	1	7	108	15.42857	1.61905				
A2	2	8	133	16.625	1.98214				
A3	3	6	110	18.33333	1.46667				
A4	4	7	141	20.14286	1.14286				
A5	5	7	127	18.14286	1.47619				
帰無仮説	F値	P値	TW 境界値	TW α 値	TW 有意	NK 境界値	NK α 値	NK 有意	ペリ有意
{1=2=3=4=5}	14.61921	9.83E-07	2.689628	0.05	S(棄却)	2.689628	0.05	S(棄却)	S(棄却)
{1=2=3=4}	19.10019	4.06E-07	2.922277	0.05	S(棄却)	2.922277	0.05	S(棄却)	S(棄却)
{1=2=3=5}	8.164646	0.000403	2.922277	0.05	S(棄却)	2.922277	0.05	S(棄却)	S(棄却)
{1=2=4=5}	18.84105	4.63E-07	2.922277	0.05	S(棄却)	2.922277	0.05	S(棄却)	S(棄却)
{1=3=4=5}	16.99043	1.23E-06	2.922277	0.05	S(棄却)	2.922277	0.05	S(棄却)	S(棄却)
{2=3=4=5}	9.933631	0.000105	2.922277	0.05	S(棄却)	2.922277	0.05	S(棄却)	S(棄却)
{1=2=3}	8.800893	0.000983	3.937451	0.030307	S(棄却)	3.31583	0.05	S(棄却)	S(棄却)
{1=2=4}	27.22452	1.81E-07	3.937451	0.030307	S(棄却)	3.31583	0.05	S(棄却)	S(棄却)
{1=3=4}	25.42361	3.48E-07	3.937451	0.030307	S(棄却)	3.31583	0.05	S(棄却)	S(棄却)
{2=3=4}	14.86599	3.26E-05	3.937451	0.030307	S(棄却)	3.31583	0.05	S(棄却)	S(棄却)
{1=2=5}	8.335847	0.001321	3.937451	0.030307	S(棄却)	3.31583	0.05	S(棄却)	S(棄却)
{1=3=5}	11.52904	0.000193	3.937451	0.030307	S(棄却)	3.31583	0.05	S(棄却)	S(棄却)
{2=3=5}	4.144863	0.025739	3.937451	0.030307	S(棄却)	3.31583	0.05	S(棄却)	S(棄却)
{1=4=5}	25.20996	3.77E-07	3.937451	0.030307	S(棄却)	3.31583	0.05	S(棄却)	S(棄却)
{2=4=5}	14.88339	3.24E-05	3.937451	0.030307	S(棄却)	3.31583	0.05	S(棄却)	S(棄却)
{3=4=5}	5.38813	0.010016	3.937451	0.030307	S(棄却)	3.31583	0.05	S(棄却)	S(棄却)
{1=2}	3.437652	0.073581	6.005559	0.020308	NS(採択)	4.170877	0.05	NS(採択)	NS(採択)
{1=3}	17.53552	0.000228	6.005559	0.020308	S(棄却)	4.170877	0.05	S(棄却)	S(棄却)
{2=3}	6.436503	0.016617	6.005559	0.020308	S(棄却)	4.170877	0.05	S(棄却)	S(棄却)
{1=4}	50.03701	7.27E-08	6.005559	0.020308	S(棄却)	4.170877	0.05	S(棄却)	S(棄却)
{2=4}	29.71972	6.51E-06	6.005559	0.020308	S(棄却)	4.170877	0.05	S(棄却)	S(棄却)
{3=4}	6.804968	0.014037	6.005559	0.020308	S(棄却)	4.170877	0.05	S(棄却)	S(棄却)
{1=5}	16.58711	0.000313	6.005559	0.020308	S(棄却)	4.170877	0.05	S(棄却)	S(棄却)
{2=5}	5.532865	0.025419	6.005559	0.020308	NS(採択)	4.170877	0.05	S(棄却)	S(棄却)
{3=5}	0.075401	0.785511	6.005559	0.020308	NS(採択)	4.170877	0.05	NS(採択)	NS(採択)
{4=5}	9.005743	0.005377	6.005559	0.020308	S(棄却)	4.170877	0.05	S(棄却)	S(棄却)

図3 ペリの方法の詳細結果表示

### 3.2.3. 多重比較ペリの方法の結果出力部

- (1) 左から1列目は、帰無仮説を表す。「{1=2=3}」は、データ群（水準）の平均値について、「 $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ であるとする帰無仮説」を意味する。
- (2) 左から2列目は、F値を指す。



- (3) 左から3列目は、p値を指し、これは(2)のF値に対応したF分布関数から得たp値である。
- (4) 左から4列目は、テューキー・ウェルシュ法(TWと略記)での境界値(臨界値)のF値を指し、これは(5)の調整後の $\alpha$ 値に対応したF分布関数の逆関数から得たF値である。
- (5) 左から5列目は、テューキー・ウェルシュ法での調整後の $\alpha$ 値である。
- (6) 左から6列目は、テューキー・ウェルシュ法で判定である。判定結果の表示で、SはSignificantの略で棄却、NSはNot Significantで採択(保留)、NSIはNot Significant Impliedで採択(保留)の意味である。
- NSIは、例えば帰無仮説「 $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ 」がNSの時、これから誘導される帰無仮説「 $\mu_1 = \mu_2$ 」と「 $\mu_2 = \mu_3$ 」及び「 $\mu_1 = \mu_3$ 」は全てNSIとなる。
- (7) 左から7列目は、ニューマン・コイルス(Newman-Keuls、NKと略記)の方法での境界値(臨界値)のF値を指す。判定結果表示の、S、NS、NSIは(6)と同様である。
- (8) 左から8列目は、ニューマン・コイルス法での $\alpha$ 値であり、調整はされないの、優意水準で指定した $\alpha$ 値そのものである。
- (9) 左から9列目は、ニューマン・コイルスの方法での判定である。S、NS、NSIはテューキー・ウェルシュ法と同じである。
- (10) 左から10列目は、ペリの方法での判定である。判定結果の表示で、Sは棄却、NSは採択(保留)、NSIは採択(保留)である。

ただし、ペリの方法でのS、NSは、テューキー・ウェルシュ法とニューマン・コイルス法の判定が、不一致がない場合(NSとNSIは採択(保留)であるので意味は同一とみなす)、両方が棄却ならSで、両方が採択(保留)ならNSとしてある。

一方NSIの意味はこうである。テューキー・ウェルシュ法で採択(保留)かつニューマン・コイルス法で棄却と不一致な帰無仮説で、最終判定が棄却の仮説はS、採択(保留)の仮説はNSとする。このNSとなった仮説から誘導される全帰無仮説に対しては、誘導されて採択(保留)されるという意味を込め、NSIとした。

### 3.3. ペリの方法の簡潔な結果表示

(以下は、使用したデータ)

A1	14	15	14	16	15	17	17	-
A2	17	16	17	16	15	18	19	15
A3	18	19	20	19	17	17	-	-
A4	20	21	19	20	19	22	20	-
A5	19	20	19	17	17	17	18	-

(以下は、「ペリの方法」結果出力)

等分散性の検定ーパートレット検定結果								
$\chi^2$ 乗値	0.470863	自由度	4	p値(片側)	0.97627	$\times 2$ 境界値(片側)5%	9.48773	
多重比較ーペリの方法								
	群数	5						
群番号1・2	群名称1	群名称2	5%有意	1%有意				
1=2	A1	A2						
1=3	A1	A3	*	**				
2=3	A2	A3	*					
1=4	A1	A4	*	**				
2=4	A2	A4	*	**				
3=4	A3	A4	*					
1=5	A1	A5	*	**				
2=5	A2	A5	*					
3=5	A3	A						
4=5	A4	A5	*					

図4 ペリの方法の簡潔結果表示

図4に簡潔な結果表示の例を示す。図3同様上側は文献9)より引用したデータである。

結果の出力は、まずパートレット検定の結果を示したのち、全対比較の判定結果だけが、5%有意(「\*」で示す)か1%有意(「\*\*」で示す)かで示してある。詳細結果表示と異なり、3群以上の平均値が等しいとする帰無仮説とその結果は表示していない。

### 3.4. プログラム構成概要

表3 プログラムサイズ

全 体	約 1080 行
ペリの方法独自の部分	約 560 行
ホルムの方法・シェイファーの方法独自の部分	約 430 行
共用部分	約 90 行

Excel上で動作する。VBA (Visual Basic for Applications) で作成し、アドインとして動作する<sup>17) 18)</sup>。表3にプログラムサイズを示す。ペリの方法に関する部分は、独自部分と共用部分を併せて、プログラムサイズは約650行である。

### 3.4.1. メニュー設定部

ブックないしアドインを開くと同時に、メニューバーに「ペリ法」と「ホルム法」のメニューを追加する。また閉じると同時にメニューバーからメニューを削除する。共用部分であり、VBAではThisBookに、プロシージャー名Workbook\_OpenとWorkbook\_BeforeCloseとして、手続きをコーディングしてある。

以下は、断らない限りペリの方法独自の部分である。

### 3.4.2. ユーザーフォーム部

これ以降の部分は、特に断らない限りペリの方法独自の部分である。

Excel上のデータのある部分を選択するなどのユーザーインターフェース部である。UserFormに図2のコントロールを配置してある。また若干のイベント処理を行う。

### 3.4.3. 「ペリの方法」用定数・データ構造定義部

データの群数（水準数）を $N$ とすると、全対比較のための帰無仮説の総数は、 $(2^N - N - 1)$  個あるので、判定結果を保持するデータ構造とそのサイズを規定する定数を定義している。テューキー・ウェルシュ法、ニューマン・コイルス法の $\alpha$ 値保持用データ構造も定義し、また $S \cdot NS \cdot NSI$ をプログラム内部で使用するため定数化している。

### 3.4.4. ペリの方法の実行部本体

以下はプログラム中、ペリの方法の処理の本体部分についての説明である。なお、(4)から(8)までのモジュールの処理内容の検討には、主に文献12)を参考にしたことを記しておく。

#### (1) ペリの方法全体制御部

メニューバーから「ペリ法」が選択されると、このモジュールが実行される。下の(2)を実行する。

ダイアログで簡潔な結果表示が選択されなかった場合、ダイアログに設定された有意水準を使い(3)～(5)を実行し、(9)の結果の詳細表示を実行する。

簡潔な結果表示が選択された場合は、有意水準を5%と1%に設定しつつ(3)～(5)まで繰り返し、(10)の結果の簡略表示を実行する。

#### (2) データ読み取り部

まず、図2のダイアログを表示して、ユーザーが実行に必要な設定を行うので、ダイアログから読み取り、内部データとして保持する。

次に、Excelシートから、データを読み込む。データは行方向・列方向かの指定に応じて読み取る。また「データ範囲にはグループ名も含む」にチェックされた場合は、データ群に付けた名前も読み込む。

エラーチェックはこのモジュールで行い、設定やデータが不適当な場合、エラーメッセージを出して処理を打ち切る。

#### (3) 初期値設定部

指定された有意水準に対して、テューキー・ウェルシュの方法及びニューマン・

コイルスの方法で使う  $\alpha$  値を調整して保持するなどの初期設定を行う。

- (4) テューキー・ウェルシュ (Tukey-Welsh) の方法及びニューマン・コイルス (Newman-Keuls) の方法の実行部

テューキー・ウェルシュの方法で多重比較を実行する。優意水準を  $\alpha$  とすると、仮説の数などにより調整された  $\alpha$  値を用いて判定する。ニューマン・コイルスの方法では、 $\alpha$  に対して調整を行わず判定する。判定は計算した F 統計量で行う。用いる  $\alpha$  値は違うがアルゴリズムはほぼ同じであり、両方を同一のモジュールで行う。全群の平均値が等しいという帰無仮説から開始して、再帰的に全ての帰無仮説の判定を実行する。

- (5) ペリの方法の実行部

テューキー・ウェルシュ法の方法では採択 (保留)、ニューマン・コイルス法の方法では棄却となる双方で結果が不一致な場合について、ペリの方法に従い再判定を実行して、ペリの方法での最終結果を得る。(6)と(8)を使用する。

- (6) 補集合の全部分集合のチェックの実行部

テューキー・ウェルシュ法とニューマン・コイルス法で不一致な仮説の補集合を生成し、その全部分集合について再帰的にチェックをする。

- (7) 補集合の全部分集合のチェックのための補助関数

このモジュールでは(6)の実行に必要な全部分集合の判定を再帰的に探索して、(6)で判定ができるようにする。

- (8) ペリの判定結果から誘導される判定の実行部

(5)のモジュールから呼ばれ、テューキー・ウェルシュ法とニューマン・コイルス法の両方が一致して採択 (保留) となるか、テューキー・ウェルシュ法とニューマン・コイルス法で不一致でかつペリの方法での判定結果が採択 (保留) となった帰無仮説から誘導される全帰無仮説を探索して、判定結果を採択 (保留) とする。ただし、誘導されたという意味を込めて、詳細な結果表示では、NSI (Not Significant Implied) と表示されるようにする。

- (9) 詳細な結果の表示部

図 3 に示した詳細な結果の表示部である。

- (10) 簡潔な結果の表示部

図 4 に示した簡潔な結果の表示部である。

### 3.4.5. 共用部分 (メニュー設定部以外)

ペリの方法とホルムの方法等で、共通して使用する部分である。

- (1) 定数とデータ構造の一部を共通して使用している。  
(2) バートレット検定は、等分散性の検定として共用している。

#### 4. ペリの方法の実装の議論

##### 4.1. ペリの方法のレスポンスタイム

ペリの方法では、 $N$ を群数(水準数)とすると仮説ファミリーの帰無仮説の総数は、 $(2^N - N - 1)$  個あるので、 $N$ に関し指数オーダーで増大するので、レスポンスタイムが気になるところである。

表4に、群当たりの平均データ数が7、CPUがAMD Athlon 1.73GHz、RAM 736MBの場合のダイアログ設定後から表示終了までのレスポンスタイムの例を示す。

結果は詳細な結果表示の場合は、レスポンスタイムは表示行数に依存し（群数15の場合で表示行数は約3万3千行）、指数オーダーが支配的である。

このレスポンスタイムでは、簡潔結果表示の場合、実用上特別な問題はなさそうである。ペリの方法の実装では再帰計算を多用しているが、再帰計算の除去までは必要ないと考える。

表4 群数（水準数）とレスポンスタイム（秒）の例

群 数	10	11	12	13	14	15	16	17
Excel 2003 詳細結果表示	5	10	20	39	78	155		
Excel 2003 簡潔結果表示	0.55	0.69	0.98	1.63	2.88	5.42		
Excel 2007 詳細結果表示	10	20	39	78	148	281	620	1251
Excel 2007 簡潔結果表示	0.91	1.14	1.50	2.25	3.75	6.89	14.4	98.2

##### 4.2. ホルムの方法・シェイファーの方法との比較

ペリの方法の実装を、ホルムの方法・シェイファーの方法の実装を比較すると、以下の特徴がある。

まず、アルゴリズムの複雑性が挙げられる。テューキー・ウェルシュ法で採択（保留）された仮説の場合はその部分集合となる仮説を、テューキー・ウェルシュ法とニューマン・コイルス法で判定が異なった場合には、不一致仮説の補集合から生成される全部分集合に含まれる仮説を、全て探索する必要がある。この辺の難しさは、ペリの方法の実装に特有である。

次にレスポンスタイムであるが、ホルムの方法・シェイファーの方法の場合に比べ、ほぼ同一条件下で、詳細結果表示の場合、群数10～15の範囲で、約3倍から50倍遅い<sup>19)</sup>。これはペリの方法の方が、対象とする帰無仮説が2の $N$ 乗（ここに $N$ は群数）にほぼ比例して多く、詳細結果の表示行数が指数オーダーで増大することが原因である。

簡潔結果表示の場合は群数10～15の範囲で、約1倍から6倍長くかかる。群数とともに差は広がり、群数17では約75倍遅い<sup>19)</sup>。実用上はあまり問題はないと思うが、群数

10以上のデータではペリの方法は遅くなりはじめ、群数の増加とともにやがて極端に遅くなるので注意を要する。

#### 4.3. プログラムコードの不掲載

本稿でプログラムコードを掲載しない理由であるが、ペリの方法のプログラムサイズは既に記したが約650行でソフト開発としては小規模であるが、コードは掲載しない。

ホルムの方法・シェイファーの方法を含めると、プログラムリスト全体で約1080行であるが、本稿のように、1ページ36行で掲載する場合約30ページ要する。紙面の都合でプログラムリスト掲載は現実的ではなく、リストは掲載しない。

#### 5. 結びにかえて

以上、本学の食物栄養学科と専攻科食物栄養専攻の栄養情報処理教育について記述してきた。特に専攻科食物栄養専攻の統計分野の教育では、多重比較を授業に取入れる必要があること、コストや操作性の観点から、Excelアドインとして、ペリの方法とホルムの方法・シェイファーの方法を実装する必要があることを見てきた。SPSSバージョン17の多重比較にはペリの方法は実装されていないようである。Rにも標準ではペリの方法は組み込まれていないようである。本稿では、多重比較法ではダネット法・ウィリアムズ法を除き検出力が最も高いとされる「ペリの方法」を、有力商用統計ソフトやオープンソース系ソフトに先んじて、Excel 2003／2007に実装したことになる。

さて、ホルムの方法・シェイファーの方法の実装、それらに関する議論、多重比較法「ペリの方法・ホルムの方法・シェイファーの方法」の評価、まとめ、今後の課題については、ここでは記述しない。別に本編の後編として、「栄養情報処理教育のための統計ツールのVBAによる実装Ⅱ：－多重比較Holm法・Shaffer法の実装など－」という題で本紀要に掲載する<sup>19)</sup>。

#### 参考文献

- 1) 井ノ口美佐子：“管理栄養士養成学科の情報処理科目で行う統計リテラシー教育の試み”、日本統計学会統計教育部会第1回統計教育の方法論ワークショップ（2005年3月5日）、  
<http://stat.scikagoshima-u.ac.jp/SESJSS/data/edu2004/inoguchi.ppt>（2008年8月10日現在）
- 2) 水上茂樹編、水上茂樹他著：『栄養情報処理論』、講談社サイエンティフィック（2004）
- 3) 友竹浩之他：“今後の（管理）栄養士教育に必要な栄養情報処理演習の教育効果－アンケート調査より－”、大学教育研究ジャーナル、Vol.2、pp.66－70（2005）
- 4) 友竹浩之、栢下 淳、早川麻理子、太田房雄：“栄養士現場で必要とされる情報処



- 理技術に関する調査”、日本栄養士会雑誌、Vol.47、No.10、pp.32-35 (2004)
- 5) 藤倉純子, 池田裕美, 武藤志真子, 堀端薫, 太田和枝:” 栄養士の情報機器活用に関する調査”, 栄養学雑誌, Vol.61、pp.123-128 (2003)
- 6) 松下倫子:” 効果的なプレゼンテーションのために”, 日本栄養士会雑誌、Vol.47、No.10、pp.4-11 (2004)
- 7) 日商P C検定対策研究会編:『日商P C検定「文書作成」2級合格テクニック』、日刊工業新聞社 (2006)
- 8) 日商P C検定対策研究会編:『日商P C検定「データ活用」2級合格テクニック』、日刊工業新聞社 (2006)
- 9) エクスメディア:『スーパー図解Excel 2007関数』、エクスメディア (2007)
- 10) 中澤港:『Rによる統計解析の基礎』、ピアソン・エジュケーション (2003)
- 11) 舟尾暢男:『The R Tips』、九天社 (2005)
- 12) 永田靖、吉田道弘:『統計的多重比較法の基礎』、サイエンティスト社 (1997)
- 13) 石村貞夫:『SPSSによる分散分析と多重比較の手順 第3版』、東京図書 (2006)
- 14) 入戸野宏:『心理生理学データの分散分析』、心理生理学と精神生理学、Vol.22、No.3、pp.275-290 (2004)
- 15) 広津千尋:『医学・薬学データの統計解析 データの整理から交互作用多重比較まで』、東京大学出版会 (2004)
- 16) Charles W. Dunnett:” A Multiple Comparison Procedure for Comparing Several Treatments with a Control”, American Statistical Association Journal、Vol.50、pp.1096-1121 (1955)
- 17) 国本温子、緑川吉行他:『できる大事典 Excel VBA 2007/2003/2002対応』、インプレスジャパン (2008)
- 18) 株式会社C & R研究所著:『超図解 Excel VBAハンドブック 2000/2002/2003対応』、エクスメディア (2004)
- 19) 堀田裕史:” 栄養情報処理教育のための統計ツールのVBAによる実装Ⅱ: -多重比較Holm法・Shaffer法の実装など-”, 富山短期大学紀要、Vol.44、pp.39-54 (2009)  
(平成20年10月30日受付、平成20年10月31日受理)

